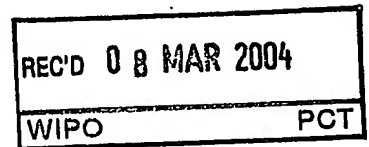


Rec'd PCT/PTO 08 OCT 2004

10/510648

EPO - Munich  
83  
23. Jan. 2004**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:** 103 07 010.9**Anmeldetag:** 19. Februar 2003**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München/DE**Bezeichnung:** Verfahren zur Einstellung einer definierten Sauerstoffbeladung mit binärer Lambdaregelung zur Durchführung der Abgaskatalysatordiagnose**IPC:** F 02 D 41/14

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 21. Januar 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Klostermeyer

**PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

## Beschreibung

Verfahren zur Einstellung einer definierten Sauerstoffbeladung mit binärer Lambdaregelung zur Durchführung der Abgaskatalysator-diagnose

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Einstellung einer definierten Sauerstoffbeladung mit binärer Lambdaregelung zur Durchführung der Abgaskatalysator-diagnose. Die Erfindung betrifft weiterhin eine Regeleinrichtung, die zur Einstellung einer definierten Sauerstoffbeladung genutzt werden kann.

Abgaskatalysatoren für Kraftfahrzeuge, im folgenden vereinfacht als Katalysatoren bezeichnet, unterliegen Alterungerscheinungen. Nach Gesetzgeberanforderung ist es notwendig, in jedem Fahrzyklus eine Überprüfung der Funktion von Katalysatoren durchzuführen. Die zuverlässige Funktion von Katalysatoren wird über die Bestimmung der Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators durchgeführt. Die Katalysator-diagnose läuft über mehrere Lambda-reglerperioden, die sich mit Katalysator-diagnosezyklen decken. Um möglichst niedrige Streuungen einzelner Diagnosezyklen zu haben, ist eine bestimmte, in jedem der durch die Regelung bedingten Regelzyklen wiederholbare Sauerstoffbeladung des Katalysators wichtig.

Bei einer linearen Lambda-Regelung kann man diese definierte Sauerstoffbeladung mit einer definierten Zwangsanregung erreichen. Dabei werden zyklische Abweichungen von dem stöchiometrischen Lambda-Sollwert eingestellt, wobei sich Halbperioden mit magerem und fettem Abgas abwechseln. In der Halbperiode mit magerem Abgas wird der Sauerstoffspeicher des Katalysators gefüllt, indem überschüssiger Sauerstoff eingelagert wird, während der Halbperiode mit fettem Abgas der Sauerstoffspeicher des Katalysators geleert wird, indem Sauerstoff zur Oxidation von Abgasbestandteilen verbraucht wird. Der momentane Sauerstoffeintrag ist positiv, wenn überschüssiger Sauerstoff in dem Katalysator gespeichert wird; er ist nega-

tiv, wenn der zu Oxidationsreaktionen im fetten Abgas fehlende Sauerstoff dem Katalysator entnommen wird (falls er vorher gespeichert wurde).

5 Bei einer binären Lambda-Regelung basiert die Regelung auf einer Rückmeldung der Lambda-Sonde, dass die Abgase einem fetten oder magerem Gemisch entsprechen. Bei einem Lambda-Sondensignal, das ein zu fettes Brennstoffgemisch anzeigt, wird die Kraftstoffmenge kontinuierlich abgemagert, wobei der  
10 für Oxidationsreaktionen gebrauchte Sauerstoff dem Katalysator entnommen wird. Die Abmagerung erfolgt solange, bis das Lambda-Sondensignal umspringt und ein zu mageres Brennstoffgemisch anzeigt, wobei der überschüssige Sauerstoff im Katalysator gespeichert wird. Dann erfolgt eine kurze Verweilzeit, mit der leichte Lambda-Verschiebungen, d.h. unterschiedliche Reaktionszeiten der Lambda-Sonde, kompensiert werden können. Anschließend erfolgt ein so genannter p-Sprung (Proportionalprung) des Lambda-Reglerfaktors in Anfettungsrichtung und das Brennstoffgemisch wird anschließend kontinuierlich angefettet, bis die binäre Lambda-Sonde ein zu fettes  
20 Brennstoffgemisch anzeigt. Darauf folgt eine entsprechende Verweilzeit und ein p-Sprung des Lambdareglerfaktors in Abmagerungsrichtung. Dieser Regelzyklus wiederholt sich.

25 Die Dauer des Regelzyklus und die Amplitude sind wesentlich durch die Systemtransportverspätung und die Reaktionszeit der Lambda-Sonde bestimmt. Die Systemtransportverspätung ist stark abhängig vom Betriebspunkt des Motors. Dadurch ist die Sauerstoffbeladung des Katalysators Änderungen unterworfen, die eine Bestimmung des Katalysatorwirkungsgrads erschwert.  
30 Darüber hinaus weisen neuere Katalysatoren für die Erfüllung zukünftiger Emissionsgrenzwerte (z.B. ULEV, LEV II) eine höhere Sauerstoffspeicherfähigkeit auf, so dass für die Katalysator-Wirkungsgraddiagnose eine höhere Sauerstoffbeladung benötigt wird, als sich in einem Regelzyklus von selbst einstellt.  
35

Bisher sind Standard-PI-Lambda-Regler mit verlängerten Verweilzeiten bekannt, um eine höhere Sauerstoffbeladung zu erreichen. Die Sauerstoffbeladung unterliegt starken Streuungen von Regelzyklus zu Regelzyklus und ist erheblich vom Betriebspunkt abhängig. Dadurch unterliegen auch die einzelnen Zyklen der Katalysator-Wirkungsgraddiagnose starken Streuungen, so dass eine ausreichende Trennschärfe zwischen verschiedenen gealterten Katalysatoren nicht gegeben ist.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine störungsunempfindlichere reproduzierbare Katalysator-Wirkungsgraddiagnose zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird durch das Verfahren nach Anspruch 1, sowie durch die Regeleinrichtung nach Anspruch 4 gelöst.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Gemäß einem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Verfahren zur Einstellung einer definierten Sauerstoffbeladung zur Durchführung der Katalysatordiagnose vorgesehen. Die Regelung des Katalysators bewirkt Regelzyklen. Die Katalysatordiagnose wird bei einer vorbestimmten Sauerstoffbeladung pro Regelzyklus durchgeführt. Ein Brennstoffgemisch ist gemäß einem Lambda-Reglerfaktor fett oder mager einstellbar. Eine fettes oder mageres Abgas des Brennstoffgemisches wird detektiert, wobei bei Feststellen eines mageren Abgases des Brennstoffgemisches der Lambda-Reglerfaktor inkrementell erhöht wird und bei einem Feststellen eines fetten Abgases des Brennstoffgemisches der Lambda-Reglerfaktor inkrementell vermindert wird. Nach einem detektierten Wechsel von einem fetten Abgas zu einem mageren Abgas oder von einem mageren Abgas zu einem fetten Abgas des Brennstoffgemisches wird der Lambda-Reglerfaktor um einen p-Sprungwert des Lambda-Reglerfaktors geändert. Weiterhin wird nach einem detektierten Wechsel von einem fetten Abgas zu ei-

nem mageren Abgas des Brennstoffgemisches der Lambda-Reglerfaktor während einer ersten Beladungszeit auf einen minimalen Reglerfaktorwert und nach einem detektierten Wechsel von einem mageren Abgas zu einem fetten Abgas des Brennstoffgemisches der Lambda-Reglerfaktor während einer zweiten Beladungszeit auf einen maximalen Reglerfaktorwert gesetzt. Der minimale Reglerfaktor ist durch ein lokales Minimieren des Reglerfaktorwertes des aktuellen Regelzyklus, der maximale Reglerfaktor durch ein lokales Maximum des Reglerfaktorwertes des aktuellen Regelzyklus bestimmt. Die erste und die zweite Beladungszeit werden so eingestellt, dass die Sauerstoffbeladung in jedem Regelzyklus die bestimmte Sauerstoffbeladung erreicht, d. h. den vorgegebenen Sauerstoffeintrag bzw. Sauerstoffaustrag je nach Halbperiode des Regelzyklus.

Mit dem Lambda-Regelfaktor kann man das Gemisch fett oder mager einstellen. Wenn mit der Lambdasonde ein fettes Abgas detektiert wird, wird der Lambda-Regelfaktor kontinuierlich vermindert und damit das Gemisch abgemagert, bis die Lambdasonde ein mageres Abgas detektiert. Danach erfolgt eine Verweilzeit, während der der Lambdaregelfaktor angehalten wird, um die Differenz der Sondenschaltzeiten auszugleichen, bzw. eine leichte Gemischverschiebung zu realisieren, wie bei einem Standard-Lambda-Regler. Danach erfolgt ein zusätzlicher P-Sprung  $\Delta P$  ebenfalls in Abmagerungsrichtung des Lambdareglerfaktors auf den minimalen Reglerfaktorwert, der sich aus der maximalen Differenz zu dem Lambda-Reglerfaktormittelwert ergibt, so dass der Wert der vorbestimmten Sauerstoffbeladung schneller erreicht wird. Danach erfolgt der P-Sprung um den Betrag der inkrementellen Verminderungen und des zusätzlichen P-Sprungs  $\Delta P$  in Anfettungsrichtung. Da an der Lambdasonde ein mageres Abgas detektiert wird, wird nun der Lambda-Regelfaktor kontinuierlich erhöht und damit das Brennstoffgemisch angefettet, bis die Lambdasonde ein fettes Abgas detektiert. Danach erfolgt eine Verweilzeit um die Differenz der Sondenschaltzeiten auszugleichen, bzw. Gemischverschiebung zu realisieren. Danach erfolgt erneut ein zusätzlicher P-Sprung

in Anfettungsrichtung, der durch die maximale Differenz zu dem Lambda-reglerfaktormittelwert begrenzt ist, so dass der Sauerstoffaustrag - entsprechend dem Sauerstoffeintrag in der Magerhalbperiode - schneller realisiert wird. Für die Katalysatordiagnose ist die Möglichkeit wichtig, die Amplitude der Lambdaschwingung durch den zusätzlichen P-Sprung, bzw. die Begrenzung der maximalen Amplitude in Abhängigkeit vom Betriebspunkt einstellen zu können, so dass die Sauerstoffspeicherungseigenschaften im Katalysator bei der Katalysatordiagnose berücksichtigt werden können.

Das erfindungsgemäße Verfahren führt dazu, dass bei einer Anfettungshalbperiode - Sauerstoffaustrag vom Katalysator -, d.h. das Gemisch wird angefettet, bzw. einer Abmagerungshalbperiode - Sauerstoffeintrag im Katalysator, d.h. das Brennstoffgemisch wird abgemagert, das Brennstoffgemisch nach dem Detektieren eines Wechsels zwischen fettem und magerem Abgas noch um einen  $\Delta P$ -Sprung geändert, bzw. auf eine maximale Differenz zu dem Lambda-Reglerfaktormittelwert gesetzt wird, um die bislang noch nicht erreichte vorgegebene Sauerstoffbeladung so schnell wie möglich mit definierter Lambdaamplitude zu erreichen. Das Einstellen des Lambda-Reglerfaktors auf den maximalen Reglerfaktorwert, der von der vorbestimmten Sauerstoffbeladung abhängig bewirkt, dass die vorgegebene bestimmte Sauerstoffbeladung schnell erreicht wird, nachdem ein Wechsel zwischen fettem und magerem Abgas detektiert worden ist.

Nachdem die vorgegebene Sauerstoffbeladung erreicht worden ist, wird der Lambda-Reglerfaktor sprunghaft um die Summe der im Verlauf der jeweiligen Halbperiode durchgeführten P-Sprünge (Standard P-Sprung +  $\Delta P$ -Sprung) zurückgestellt. Wie zuvor wird nun der Lambda-Reglerfaktor schrittweise erhöht bzw. vermindert, und somit das Brennstoffgemisch abgemagert oder angefettet.

Vorzugsweise ist vorgesehen, dass die vorgegebene bestimmte Sauerstoffbeladung durch die maximale Sauerstoffspeicherfähigkeit eines gealterten Katalysators festgelegt ist. Auf diese Weise kann die Katalysatorwirkungs-  
5 graddiagnose auch bei einem gealterten Katalysator bei einer in jedem Regelzyklus wiederholbaren vom Betriebspunkt abhängigen Sauerstoffbeladung des Katalysators durchgeführt werden.

10 Vorzugsweise ist der minimale bzw. der maximale Reglerfaktorwert durch die Differenz des Lambdareglerfaktors zu dem Lambdareglerfaktormittelwert bestimmt und ist durch die Sauerstoffspeicherungsgeschwindigkeit des Katalysators vorgegeben. Die Sauerstoffspeicherungsgeschwindigkeit des Katalysators  
15 hängt von dem Durchfluss der Abgase durch den Katalysator und der Katalysatortemperatur ab und beschreibt im Wesentlichen, welche maximale Sauerstoffmenge pro Zeiteinheit in den Katalysator eindiffundieren und gebunden werden kann. Der Reglerfaktorwert ist so also auf einen minimalen bzw. maximalen  
20 Wert eingestellt, bei dem es noch nicht zu einer Überschreitung der Sauerstoffdiffusionsgeschwindigkeit und dadurch zu messbarem Sauerstoff hinter dem Katalysator kommt, obwohl die Speicherfähigkeit nicht überschritten wurde.

25 Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine Regeleinrichtung für die Durchführung einer Diagnose eines geregelten Katalysators vorgesehen. Die Regeleinrichtung stellt eine bestimmte maximale Sauerstoffbeladung pro Regelzyklus ein für die Durchführung einer Katalysatordiagnose.

30 Die Regeleinrichtung regelt die Zusammensetzung eines Brennstoffgemisches, wobei die Regelung zu Regelzyklen führt. Die Regeleinrichtung ist dazu mit einem Einspritzsystem verbindbar, um das Brennstoffgemisch gemäß einem Lambda-Reglerfaktor fett oder mager einzustellen. Mithilfe eines Sensors wird ma-  
35 geres oder fettes Abgas detektiert. Die Regeleinrichtung erhöht den Lambda-Reglerfaktor bei magerem Abgas inkrementell und vermindert den Lambda-Reglerfaktor inkrementell bei fet-

tem Abgas. Die Regeleinrichtung setzt den Lambda-Reglerfaktor während einer ersten Beladungszeit nach einem detektierten Wechsel von einem fetten Abgas zu einem mageren Abgas des Brennstoffgemisches auf einen minimalen Reglerfaktorwert, wobei nach Ablauf der ersten Beladungszeit der Reglerfaktorwert auf einen Mittelwert des Lambda-Reglerfaktors gesetzt wird. Die Regeleinrichtung setzt weiterhin den Lambda-Reglerfaktor während einer zweiten Beladungszeit auf einen maximalen Reglerfaktorwert, nachdem ein Wechsel von einem mageren Abgas zu einem fetten Abgas des Brennstoffgemisches detektiert worden ist. Nach Ablauf der zweiten Beladungszeit wird der Lambda-Reglerfaktor auf einen Mittelwert des Lambda-Reglerfaktor durch die Regeleinrichtung geändert. Die erste und die zweite Beladungszeit sind so festgelegt, dass die Sauerstoffbeladung, d. h. der Sauerstoffeintrag bzw. -austrag in jedem Regelzyklus die vorbestimmte maximale positive oder negative Sauerstoffbeladung erreicht.

Die erfindungsgemäße Regeleinrichtung hat den Vorteil, dass sie das Brennstoffgemisch so regelt, dass die Sauerstoffbeladung bei jedem Regelzyklus gleich ist, so dass eine reproduzierbare Sauerstoffbeladung über mehrere Regelzyklen eine störungsunempfindlichere und reproduzierbare Katalysatordiagnose ermöglicht.

Die Regeleinrichtung kann vorzugsweise in einem Diagnosemodus zur Durchführung der Katalysatordiagnose betrieben werden und in einem zweiten Betriebsmodus betrieben werden, bei dem die Regeleinrichtung als bisher bekannter Standard PI-Lambdaregler regelt. Auf diese Weise stellt die Katalysatordiagnose lediglich einen Betriebsmodus einer bereits vorgesehenen Regeleinrichtung dar, so dass eine Änderung des Gesamtsystems mit einer Regeleinrichtung, Einspritzsystem, Motor und Katalysator im Wesentlichen nicht konstruktiv verändert werden muss.



Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung wird im Folgenden anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

5    Figur 1 ein Motorsystem mit einer Regeleinrichtung gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung; und

Figur 2 den Verlauf des Lambda-Reglerfaktors über mehrere Regelzyklen.

10

In Figur 1 ist ein Funktionsschema eines Motorsystems dargestellt. Das Motorsystem weist einen Gemischbildner 1, der einem Verbrennungsmotor 2 ein Brennstoffgemisch aus Luft und Kraftstoff zur Verfügung stellt. Der Verbrennungsmotor 2 verbrennt das Brennstoffgemisch und gibt Abgase ab, die einem  
15    Drei-Wege-Katalysator 5 zugeführt werden. Das von dem Verbrennungsmotor 2 abgegebene Abgas wird über eine Lambda-Sonde 4 geleitet, die anhand der Abgaszusammensetzung feststellt, ob das Gemisch fetter oder magerer als das stöchiometrische Brennstoffgemisch ist.  
20

Die Lambda-Sonde 4 ist mit einer Regeleinrichtung 3 verbunden, so dass ein von der Lambda-Sonde 4 gemessener Messwert als Eingangsgröße für die Regeleinrichtung zur Verfügung  
25    steht. Bei der Regeleinrichtung 3 handelt es sich um einen binären Regler, der als Eingangsgröße von der Lambda-Sonde lediglich die Information erhält, ob das Abgas einem zu fetten oder zu mageren Brennstoffgemisch entspricht. Die Regeleinrichtung 3 generiert daraus einen Stellwert, der an den  
30    Gemischbildner 1 übertragen wird. Der Stellwert ist der Lambda-Reglerfaktor, der angibt, um welchen Faktor das von einem Einspritzsystem (nicht gezeigt) vorgegebene Basis-Brennstoffmischungsverhältnis verändert werden soll.

35    Durch die Überprüfung der Funktionsfähigkeit des Katalysators 5 kann eine Katalysator-Wirkungsgraddiagnose durchgeführt werden. Für eine solche Wirkungsgraddiagnose ist es wichtig,

dass möglichst niedrige Streuungen zwischen einzelnen Diagnosezyklen vorhanden ist. Dies kann erreicht werden, indem in jedem Regelzyklus der Katalysator mit der gleichen Sauerstoffmenge beladen wird. Während man die gleiche Sauerstoffbeladung in den Regelzyklen bei linearer Lambda-Regelung mit einer definierten Zwangsanregung erreichen kann, ist dies bei einer binären Lambda-Regelung so nicht möglich. Eine binäre Lambda-Regelung regelt über den Lambda-Regelfaktor die Gemischzusammensetzung anhand eines von der Lambda-Sonde bzw. der Sondenspannung  $U_\lambda$  abhängigen binären Signal, das angibt, ob das Brennstoffgemisch zu fett oder zu mager ist, wobei die Regelabweichung nicht bekannt ist.

Da die Länge der Regelzyklen Betriebspunkt-abhängig ist, gibt es beim Normalbetrieb keine konstante Sauerstoffbeladung über die Regelzyklen. Nach einer Aktivierung der Katalysator-Wirkungsgraddiagnose wird jedoch auf eine Sauerstoffbeladungs-basierte Lambda-Regelung umgeschaltet. In Figur 2 ist der zeitliche Verlauf des Lambda-Reglerfaktors über der Zeit dargestellt.

In einem ersten Zeitabschnitt  $T_1$  befindet sich die Regeleinrichtung 3 im Normalbetrieb, d.h. die Lambda-Regelung wird durch ein zyklisches Schwingen des Lambda-Reglerfaktors um einen Mittelwert der etwa bei einem Lambda-Wert von 1, d.h. einem stöchiometrischen Mittelwert entspricht. Die Regelzyklen werden als Magerhalbperiode, wenn der Lambdaregelfaktor kleiner als sein Mittelwert, und als Fetthalbperiode, wenn der Lambdaregelfaktor größer als sein Mittelwert ist, bezeichnet.

Während der Magerhalbperiode befindet sich mehr Sauerstoff in dem Brennstoffgemisch, als das stöchiometrische Mittel vorgibt, d.h. als für den optimalen Betrieb des Katalysators benötigt wird. Daraus resultiert eine positive Sauerstoffbeladung während der Magerhalbperiode. Während der Fetthalbperiode befindet sich weniger Sauerstoff im Brennstoffgemisch, als

das stöchiometrische Mittel vorgibt, d.h. weniger als für einen optimalen Betrieb notwendig ist, so dass Sauerstoff von dem Katalysator für die Oxidationsreaktionen an das Abgas abgegeben wird. Dies wird als negative Sauerstoffbeladung (Sauerstoffaustrag) bezeichnet.

Die Lambda-Regelung erfolgt durch eine schrittweise Erhöhung des Lambda-Reglerfaktors in der Phase, in der die Lambdasonde mageres Abgas meldet, wodurch das Brennstoffgemisch zunehmend angefettet wird, d.h. der Brennstoffanteil im Brennstoffgemisch wird zunehmend erhöht. Dies ist durch das stufenförmige Ansteigen des Lambda-Reglerfaktors über der Zeit in dem ersten Zeitabschnitt T1 dargestellt. Sobald durch die Lambda-Sonde 4 detektiert wird, dass das Brennstoffgemisch zu fett ist, wird die stufenweise Erhöhung des Lambda-Reglerfaktors angehalten.

Da die Lambda-Sonde 4 häufig eine asymmetrische Reaktionszeit aufweist, d.h. mit verschiedenen Reaktionszeiten einen Wechsel von einem mageren- zum fetten Gemisch, bzw. von dem fetten zum mageren Gemisch detektiert, kann eine erste Verweilzeit TDLY1 vorgesehen sein, während der nach dem Erkennen eines Wechsels von der mageren zum fetten Gemisch und umgekehrt der Lambda-Reglerfaktor beibehalten wird, bevor er sprunghaft um einen P-Sprung zurückgesetzt wird. Für die nun folgende Fetthalbperiode, d.h. nach dem P-Sprung des Lambda-Reglerfaktors, wird der Lambda-Reglerfaktor kontinuierlich, d.h. schrittweise verringert, so dass das Brennstoffgemisch abgemagert wird. Wird von der Lambda-Sonde nun angezeigt, dass das Brennstoffgemisch zu mager ist, wird die schrittweise Verringerung des Lambda-Reglerfaktors gestoppt und nach einer zweiten Verweilzeit TDLY2 ein P-Sprung des Lambda-Reglerfaktors vorgenommen. Die zweite Verweilzeit TDLY2 kann von der Verweilzeit TDLY1 verschieden sein.

Ein zweiter Zeitabschnitt T2 zeigt nun den Verlauf des Lambda-Reglerfaktors in einer Diagnosebetriebsart, bei der die

Funktionsfähigkeit des Katalysators überprüft werden soll. Um die Diagnose der Funktionalität des Katalysators mit möglichst niedrigen Streuungen zwischen den Diagnosezyklen durchführen zu können, ist eine konstante Sauerstoffbeladung für alle Regelzyklen notwendig. D.h. die Sauerstoffbeladungsänderung soll sowohl bei den Magerhalbperioden als auch bei den Fetthalbperioden im Wesentlichen den gleichen Betrag aufweisen. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um eine positive oder um eine negative Sauerstoffbeladungsänderung handelt.

Bei der Diagnosebetriebsart erfolgt die Regelung im Wesentlichen in gleicher Weise wie bei der normalen Betriebsart, wie zuvor beschrieben. Sobald während einer Magerhalbperiode ein Wechsel von einem zu fetten zu einem zu mageren Brennstoffgemisch detektiert worden ist, wird zunächst nach einer Verweilzeit TDLY der Lambda-Reglerfaktor konstant gehalten und nach der Verweilzeit um einen  $\Delta P$ -Sprung weiter abgemagert. Die Dauer, wie lange der maximale Wert für den Lambda-Reglerfaktor beibehalten werden soll, richtet sich nach der erreichten Sauerstoffbeladung in der betreffenden Halbperiode. D.h. der maximale Wert des Lambda-Reglerfaktors wird so lange beibehalten, bis eine definierte Sauerstoffbeladung in diesem Regelzyklus erreicht worden ist.

Um die Sauerstoffbeladung des Regelzyklus zu ermitteln, muss der zeitliche Verlauf des Sauerstoffeintrags für jede Halbperiode ermittelt werden. Es gilt

$$m_{O_2} = 23\% \cdot \int_0^{t_M} \left(1 - \frac{1}{\lambda}\right) \cdot \dot{m}_L dt \quad ,$$

wobei  $m_{O_2}$  die Sauerstoffbeladung,  $t_M$  die Zeit der Halbperiode,  $\lambda$  der Lambda-Wert des Brennstoffgemischs, ( $\lambda = 1$  bei stöchiometrischem Mittel) und  $\dot{m}_L$  den Luftmassenstrom darstellt.

Da das  $\lambda$  von dem Lambda-Reglerfaktor abhängt, ergibt sich:

$$m_{O_2} = 23\% \cdot \int_0^{t_M} \left( 1 - \frac{1}{\lambda_{soll} + \Delta\lambda_{soll}} \right) \cdot \dot{m}_L dt$$

wobei  $\lambda_{soll}$  der Mittelwert des  $\lambda$ -Reglers über eine Periode der  $\lambda$ -Reglerschwingung und  $\Delta\lambda_{soll}$  den Verlauf der Abmagerung dar-  
 5 stellt. Der Faktor 23% ergibt sich aus dem Sauerstoffmassen-  
 anteil in der Luft.

$\Delta\lambda_{soll}$  ist positiv während der Magerhalbperiode und negativ  
 während der Fetthalbperiode. Für den Sauerstoffentleervorgang  
 10 während der Fetthalbperiode können die Formeln in gleicher  
 Weise angewandt werden.

Bei einer binären Lambda-Regelung ist der Wert von  $\lambda$  nicht  
 direkt bekannt.  $\lambda$  kann vom Lambda-Reglerfaktor berechnet wer-  
 15 den, der einen multiplikativen Faktor der Grundeinspritzmenge  
 darstellt. Der Lambda-Reglerfaktor entspricht umgekehrt pro-  
 portional der  $\lambda$ -Verschiebung. Der jeweilige Mittelwert ist  
 ein mittlerer Regeleingriff über einen Regelzyklus und ent-  
 spricht  $\lambda_{soll}$ , und  $\Delta\lambda_{soll}$  ist die Differenz zwischen aktuellem  
 20 Wert und dem Mittelwert des Lambda-Reglerfaktors. Es ergibt  
 sich:

$$m_{O_2} = 23\% \cdot \int_0^{t_M} \left( 1 - \frac{FAC\_LAM - FAC\_LAM\_MW}{FAC\_LAM\_MV} \right) \cdot \dot{m}_L dt ,$$

25 wobei  $FAC\_LAM$  der momentane multiplikative Lambda-  
 Reglerfaktor und  $FAC\_LAM\_MV$  sein Mittelwert über die gesamte  
 Lambda-Reglerperiode ist. Durch diese Integration wird für  
 jede Mager- und Fetthalbperiode der Lambda-Regelung die Sau-  
 erstoffbeladung ermittelt. Dadurch, dass der aktuelle Luft-  
 30 massenstrom  $\dot{m}_L$  berücksichtigt wird, wird auch die Änderung  
 des Betriebspunkts des Motors berücksichtigt.

Um eine Verschiebung des Lambda-Werts zu vermeiden, wird in  
 der Diagnosebetriebsart die Verweilzeit und der Bereich der  
 35 schrittweisen Änderung des Lambda-Reglerfaktors unverändert

beibehalten. Um schnellstmöglich die gewünschte vorgegebene Sauerstoffbeladung zu realisieren, kann jedoch nach der Verweilzeit der Lambda-Reglerfaktor in der Magerhalbperiode um einen P-Sprung  $\Delta P$  erhöht bzw. während der Fetthalbperiode um einen P-Sprung  $\Delta P$  vermindert, um die erhöhte Sauerstoffbeladung - positiv oder negativ - für die Katalysator-Wirkungsgraddiagnose schneller zu erreichen.

Die Zeitdauer, während der der maximale bzw. minimale Wert des Lambda-Reglerfaktors von der Regeleinrichtung 3 ausgehen wird, hängt von der gewünschten Sauerstoffbeladung ab, d.h. der Lambda-Reglerfaktor bleibt so lange angelegt, bis die gewünschte Sauerstoffbeladung gemäß obiger Formel erreicht ist.

Nach Erreichen der gewünschten Sauerstoffbeladung wird der Lambda-Reglerfaktor um die Summe der während der schrittweisen Erhöhungen oder Verminderungen in der jeweiligen Halbperiode erfolgten Lambdareglerfaktoränderungen und den zusätzlichen P-Sprung  $\Delta P$  zurückgesetzt. Die Summe ergibt sich aus der Summe aller schrittweisen Erhöhungen bzw. Verminderungen des Lambda-Reglerfaktors, sowie der zusätzlichen Erhöhung bzw. Verminderung auf die maximale Differenz bzw. den minimalen Wert des Lambda-Reglerfaktors über den gesamten Lambda-reglerzyklus.

Die maximale bzw. der minimale Wert des Lambda-Reglerfaktors ergibt sich aus der maximalen Diffusionsgeschwindigkeit des Sauerstoffs in die aktive Schicht bzw. Washcoat des Katalysators hinein, bzw. heraus. Die maximale bzw. der minimale Wert des Lambda-Reglerfaktors ist also dadurch bestimmt, wie schnell Sauerstoff aus dem Abgasstrom, der durch den Katalysator geleitet wird, in die aktive Schicht bzw. Washcoat aufgenommen bzw. abgegeben werden kann. Der maximale bzw. minimale Reglerfaktorwert ergibt sich also aus einem vorgegebenen Sauerstoffbeladungswert. Wird der Lambda-Reglerfaktor größer als der maximale Wert bzw. kleiner als der minimale Wert angesetzt, hat dies nicht zur Folge, dass mehr Sauerstoff auf-

genommen bzw. abgegeben wird. Dadurch ist der Katalysator nicht mehr in der Lage, die  $\lambda$ -Schwankungen, die durch die Regelzyklen hervorgerufen werden, gegenüber dem Ausgang des Katalysators so zu puffern, so dass dort keine Schwankungen  
5 detektiert werden können, obwohl die Sauerstoffspeicherfähigkeit des Katalysators noch nicht ausgeschöpft wurde.

Die bestimmte Sauerstoffbeladung, die zur Durchführung der Katalysator-Wirkungsgraddiagnose angesetzt wird, entspricht  
10 der Sauerstoffspeicherfähigkeit, die ein gealterter Katalysator aufweist, der gerade noch den Anforderungen gemäß der Wirkungsgrades gerecht wird.

Die Wirkungsgraddiagnose erfolgt unter Zuhilfenahme einer  $\lambda$ -  
15 Monitorsonde (nicht gezeigt), die ebenfalls eine Lambda-Sonde ist, wobei die Monitorsonde in dem Abgasstrom hinter dem Katalysator 5 angebracht wird. Die Monitorsonde detektiert dann, ob ein konstanter Lambda-Wert erreicht wird, oder ob der Lambda-Wert gemäß den Regelzyklen schwankt. Schwankt der  
20 durch die Monitorsonde gemessene Lambda-Wert, so weist der überprüfte Katalysator keine ausreichende Sauerstoffspeicherfähigkeit auf und ein defekter oder gealterter Katalysator wird detektiert.

25 Durch die Sauerstoffbeladungsrechnung und Sollwerteinregelung wird auch die Alterung der Lambdaregel-Sonde und die dadurch hervorgerufene Detektionsverzögerung der Abgasänderung fett  $\leftrightarrow$  mager mit berücksichtigt. Verlängert sich die Reaktionszeit der Lambda-Sonde durch Alterungserscheinungen, so wird  
30 die schrittweise Erhöhung bzw. Verminderung des Lambda-Reglerfaktors länger durchgeführt, so dass bereits bei Erkennen eines Wechsels zwischen einem zu fetten und einem zu mageren Brennstoffgemisch eine höhere Sauerstoffbeladung des Katalysators erreicht ist und eine höhere Amplitude im  $\lambda$ -  
35 Regelfaktor und  $\lambda$ -Schwingung. Deswegen wird die Amplitude des Lambdaregelfaktors auf maximale Differenz zu Lambdaregel-

faktormittelwert begrenzt, das bedeutet der zusätzliche P-Sprung  $\Delta P$  wird nicht voll realisiert.

Die Idee der Erfindung liegt in der Bereitstellung eines Verfahrens für eine Sauerstoffbeladungs-basierte, binäre Lambda-Regelung, wobei nach der Verweilzeit ein nochmaliger Sprung des Lambda-Reglerfaktorwertes in die ursprüngliche Richtung vorgesehen wird, um die erhöhte Sauerstoffbeladung schneller zu erreichen. Um aber durch Alterung der Lambdaregelsonde und damit verbundener Verlängerung der Reaktionszeit der Sonde einen übermäßigen Anstieg der Amplitude des Lambdareglerfaktors und Lambdaschwingung vorzubeugen, wird der zusätzliche P-Sprung so begrenzt, dass er in der Summe mit dem über Halbperiode aufintegriertem I-Anteil nicht die maximale Differenz zu dem Mittelwert des Lambdareglerfaktors nicht übersteigen darf. So kann auch bei einer gealterten binären Lambda-Regelsonde mit langsamerer Dynamik vermieden werden, dass es zu einer Erhöhung der Lambda-Amplitude kommt.

Die Katalysator-Sauerstoff-Bilanzierung erfolgt ausschließlich über Sauerstoffbeladungs-Integrale, die sich in der Fett- und Magerhalbperiode ausgleichen müssen. Dies führt zur Erhöhung der Genauigkeit der Sauerstoffbeladungseinstellung, vor allem bei Instationärvorgängen bzw. leichten Störungen. Durch die Sauerstoffbeladungs-basierte Lambda-Regelung stellen sich die Zeiten, während denen der maximale bzw. minimale Lambda-Regelfaktor beibehalten wird, bzw. die Amplitudenerhöhungen, auf den maximalen bzw. minimalen Lambda-Reglerfaktorwert adaptiv ein.

Alternativ kann vorgesehen sein, dass der Lambda-Reglerfaktor nach Detektion eines Wechsels zwischen einem mageren und fetten Brennstoffgemisch nicht auf einen maximalen bzw. minimalen Wert eingestellt wird, sondern dass der Lambda-Reglerfaktor beibehalten wird, bis die vorgegebene Sauerstoffbeladung erreicht ist.



## Patentansprüche

1. Verfahren zur Einstellung einer definierten Sauerstoffbeladung mit binärer Lambdaregelung zur Durchführung der Katalysatordiagnose (5), wobei die Regelung des Katalysator (5) Regelzyklen bewirkt, wobei
- die Katalysatordiagnose bei einer vorgegebenen bestimmten Sauerstoffbeladung pro Regelzyklus durchgeführt wird,
  - ein Brennstoffgemisch gemäß einem Lambdareglerfaktor fett oder mager einstellbar ist,
  - ein fettes oder mageres Abgas detektiert wird,
  - bei einem mageren Abgas der Lambdareglerfaktor inkrementell erhöht wird, und
  - bei einem fetten Abgas der Lambdareglerfaktor inkrementell vermindert wird,
  - nach einem detektierten Wechsel von einem fetten Abgas zu einem mageren Abgas oder von einem mageren Abgas zu einem fetten Abgas der Lambdareglerfaktor um einen P-Sprung geändert wird,
- dadurch gekennzeichnet, dass nach einem detektierten Wechsel von einem fetten zu einem mageren Abgas der Lambdareglerfaktor während einer ersten Beladungszeit auf einen minimalen Reglerfaktorwert, der ein lokales Minimum des Reglerfaktorwertes des aktuellen Regelzyklus darstellt, und nach einem detektierten Wechsel von einem mageren zu einem fetten Abgas der Lambdareglerfaktor während einer zweiten Beladungszeit auf einen maximalen Reglerfaktorwert, der ein lokales Maximum des Reglerfaktorwertes des aktuellen Regelzyklus darstellt, gesetzt wird,
- wobei die erste Beladungszeit so eingestellt wird, dass die Sauerstoffbeladung in jedem Regelzyklus einen durch die vorbestimmte Sauerstoffbeladung bestimmten Sauerstoffeintrag erreicht, und
- wobei die zweite Beladungszeit so eingestellt wird, dass die Sauerstoffbeladung in jedem Regelzyklus einen durch die vorbestimmte Sauerstoffbeladung bestimmten Sauerstoffaustrag erreicht.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die vorbestimmte Sauerstoffbeladung durch die maximale Sauerstoffspeicherfähigkeit eines gealterten Katalysators festgelegt ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der minimale und der maximale Reglerfaktorwert durch die Differenz zwischen dem Lambdareglerfaktor und einem Mittelwert des Lambdareglerfaktors für den aktuellen Regelzyklus bestimmt wird, wobei die Differenz durch die Sauerstoffaufnahmefähigkeit des Katalysators vorgegeben wird.
4. Regeleinrichtung (3) zur Einstellung einer definierter Sauerstoffbeladung mit binärer Lambdaregelung zur Durchführung der Katalysatordiagnose, wobei die Regeleinrichtung die Katalysatordiagnose bei einer vorgegebenen bestimmten Sauerstoffbeladung pro Regelzyklus durchführt, wobei die Regeleinrichtung (3) diese Zusammensetzung eines Brennstoffgemisches mit Regelzyklen regelt, wobei die Regeleinrichtung (3) mit einem Gemischbildner (1) verbindbar ist, um das Brennstoffgemisch gemäß einem Lambdareglerfaktor fett oder mager einzustellen, wobei mit Hilfe eines Sensors (4) ein mageres Abgas oder ein fettes Abgas detektierbar ist, wobei die Regeleinrichtung bei einem mageren Abgas des Brennstoffgemisches den Lambdareglerfaktor inkrementell erhöht und bei einem fetten Abgas des Brennstoffgemisches den Lambdareglerfaktor inkrementell vermindert, wobei die Regeleinrichtung (3) den Lambdareglerfaktor um einen P-Sprung ändert, nachdem ein Wechsel von einem fetten Abgas zu einem mageren Abgas oder von einem mageren Abgas zu einem fetten Abgas des Brennstoffgemisches festgestellt worden ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung (3) den Lambdareglerfaktor während einer ersten Beladungszeit nach

einem detektierten Wechsel von einem fetten Abgas zu einem mageren Abgas des Brennstoffgemisches auf einen minimalen Reglerfaktorwert setzt und den Lambdareglerfaktor während einer zweiten Beladungszeit nach einem detektierten Wechsel von einem mageren Abgas zu einem fetten Abgas des Brennstoffgemisches auf einen maximalen Reglerfaktorwert setzt,

wobei die erste und die zweite Beladungszeit so festgelegt sind, dass die Sauerstoffbeladung in jedem Regelzyklus die vorgegebene bestimmte Sauerstoffbeladung erreicht.

5. Regeleinrichtung (3) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Regeleinrichtung in einem Diagnosemodus zur Durchführung der Diagnose betreibbar ist und in einem zweiten Betriebsmodus, bei dem die Regeleinrichtung (3) den Katalysator gemäß einem Normalbetriebszustand regelt.

## Zusammenfassung

Verfahren und Regeleinrichtung zur Einstellung einer definierten Sauerstoffbeladung mit binärer Lambdaregelung zur Durchführung der Abgaskatalysatordiagnose

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Durchführung einer Diagnose eines geregelten Abgaskatalysators, wobei die Regelung des Katalysators Regelzyklen bewirkt, wobei die Katalysatordiagnose bei einer vorbestimmten Sauerstoffbeladung pro Regelzyklus durchgeführt wird, wobei ein Brennstoffgemisch gemäß einem Lambdareglerfaktor fett oder mager einstellbar ist, wobei ein fettes oder mageres Abgas detektiert wird, wobei bei Feststellen eines mageren Abgases der Lambdareglerfaktor inkrementell erhöht wird, und wobei bei Feststellen eines fetten Abgases der Lambdareglerfaktor inkrementell vermindert wird, wobei nach einem detektierten Wechsel von einem fetten zu einem mageren Abgas oder von einem mageren zu einem fetten Abgas der Lambdareglerfaktor um einen P-Sprung geändert wird, wobei nach einem detektierten Wechsel von einem fetten Abgas zu einem mageren Abgas der Lambdareglerfaktor während einer ersten Beladungszeit auf einen minimalen Reglerfaktorwert und nach einem detektierten Wechsel von einem mageren Abgas zu einem fetten Abgas der Lambdareglerfaktor während einer zweiten Beladungszeit auf einen maximalen Reglerfaktorwert gesetzt wird, wobei die erste und die zweite Beladungszeit so eingestellt werden, dass die Sauerstoffbeladung in jedem Regelzyklus die vorbestimmte Sauerstoffbeladung erreicht.

Figur 2

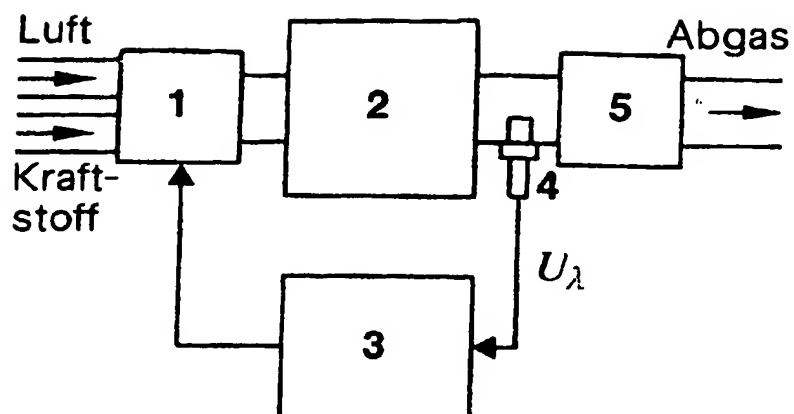


Fig. 1

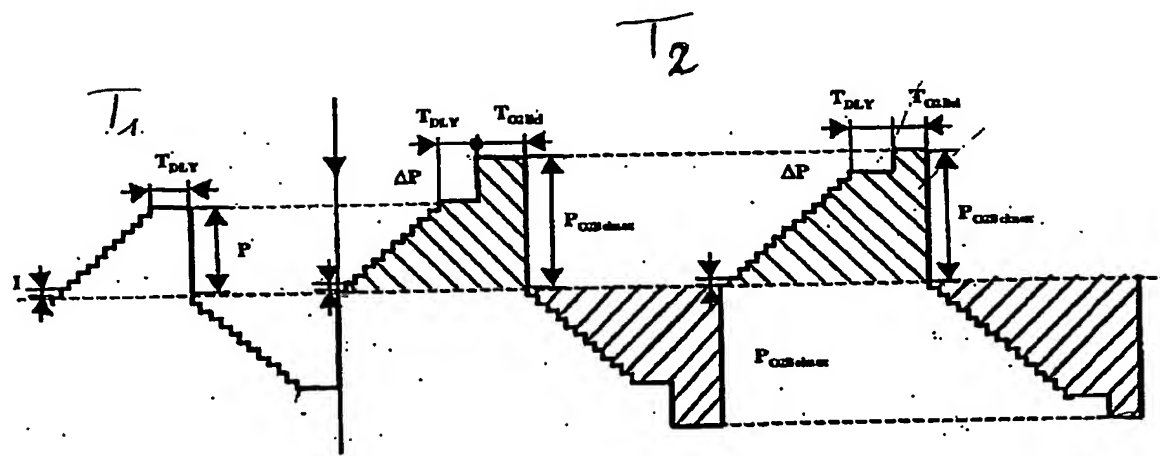


Fig. 2